

# INFO-FORÊTS

**Recherche en science et technologie au  
Service canadien des forêts • Centre de foresterie du Pacifique**

**Les données d'observation de la Terre nous  
informent sur l'état de la biodiversité au Canada**

Recherche en bref .....	2	Modélisation du climat et les forêts .....	5
Surveillance de la biodiversité .....	3	La transformation des produits du bois .....	9
L'impact du dendroctone sur le climat .....	4	Nouvelles et avis .....	11

Août 2008  
ISSN 0706-9413

Canada

# INFO-FORÊTS

**Recherche en science et technologie au  
Service canadien des forêts • Centre de foresterie du Pacifique**

**Les données d'observation de la Terre nous  
informent sur l'état de la biodiversité au Canada**

Recherche en bref .....	2	Modélisation du climat et les forêts .....	5
Surveillance de la biodiversité .....	3	La transformation des produits du bois .....	9
L'impact du dendroctone sur le climat .....	4	Nouvelles et avis .....	11

Août 2008  
ISSN 0706-9413

Canada

## Etudier la prévalence d'une pathogène

**S**eptoria musiva est à l'origine de l'une des plus graves maladies affectant le peuplier hybride sur son aire d'origine. Distinct d'espèces voisines moins nuisibles en ce qu'il possède des spores plus petites, ce champignon provoque des ravages tels que tache des feuilles, défoliation, chancres et cassures des troncs dans tout l'est du continent nord-américain. Les jeunes arbres dont le tronc est cerné par des chancres peuvent mourir en moins de deux ans.

Du fait de leur éloignement du domaine vital de ce pathogène, les plantations de peupliers hybrides de la Colombie-Britannique ont pendant longtemps été supposées exemptes de *S. musiva*. Pendant longtemps, c'est-à-dire jusqu'à ce que Brenda Callan (bccallan@nrcan-rncan.gc.ca), chercheuse à Ressources naturelles Canada, mette en culture un isolat de *Septoria* à petites spores issu de chancres de la tige de jeunes peupliers hybrides d'une pépinière de la vallée du Fraser, en Colombie-Britannique.

« Nous nous sommes dit : petites spores, nombreux chancres... Cela ne présage rien de bon, » dit la mycologue. Les tests ADN effectués par les chercheurs du Service canadien des forêts ont « confirmé l'identité du champignon hors de tout doute raisonnable ».

Il s'agit du premier cas confirmé de *S. musiva* ayant entraîné une propagation à grande échelle du chancre de la tige sur des peupliers hybrides de culture en Colombie-Britannique. Dans cette province, les plantations de peupliers hybrides destinés à produire de la fibre pour pâte et pour les biocarburants couvrent environ 12 000 hectares dans la vallée du Fraser.

Les exploitants sont en train de remplacer les lots d'arbres malades par des variétés hybrides résistantes. Par ailleurs, la province a autorisé l'usage d'un fongicide qui contribuera à protéger les peupliers des infections de *S. musiva*. En outre, les agents forestiers provinciaux ont entrepris une analyse des risques liés à ce pathogène non-indigène. Cette analyse devrait permettre de déterminer

l'étendue de la maladie en Colombie-Britannique, de déterminer la susceptibilité des hybrides et des espèces, ainsi que d'estimer la faisabilité des mesures d'éradication ou de contrôle.

Selon Harry Kope, pathologiste forestier et ministre des Forêts et du Territoire de la Colombie-Britannique, à ce jour, la maladie a été diagnostiquée uniquement sur des peupliers hybrides dont la susceptibilité avait déjà été démontrée dans des plantations de l'est.

« La possibilité que le peuplier occidental soit susceptible nous inquiète », dit-il. « Si c'était le cas, la présence de la maladie représenterait une menace pour les écosystèmes naturels. » Le peuplier occidental est une espèce indigène dominante de peuplier. Bien que sa valeur commerciale soit nulle, cette espèce est essentielle à la biodiversité, aux habitats fauniques et aux écosystèmes.

La Colombie-Britannique n'exporte pas de grumes, seulement de petites quantités de boutures et de semis de peuplier.



## La structure du forêt vue d'en haut

**P**eut-être des lasers pointeront-ils prochainement vers une forêt près de chez vous.

Des chercheurs de l'Université de la Colombie-Britannique et de Ressources naturelles Canada testent actuellement le système de détection et télémétrie par la lumière (lidar) en vue d'estimer certaines caractéristiques du couvert forestier telles que la taille des cimes, le volume, l'ouverture et la densité du feuillage.

« Au Canada et partout dans le monde, les organismes forestiers testent actuellement le potentiel du lidar en matière de caractérisation des forêts, » dit Mike Wulder (mwulder@nrcan-rncan.gc.ca), un chercheur du Service canadien des forêts. « La précision des données lidar relatives à la hauteur des arbres est comparable à celle des mesures sur le terrain. Nous nous intéressons désormais aux possibilités d'utiliser la technologie lidar pour obtenir d'autres types de renseignements sur la couverture forestière. »

En comparant les données relatives à plusieurs peuplements de Douglas taxifoliés de l'est de l'île de Vancouver recueillies par lidar aéroporté avec des données de terrain, les chercheurs ont constaté qu'en plus d'être cohérentes, les données lidar s'avéraient plus précises que les données recueillies par les équipes de terrain.

« La mesure du volume et de la densité des cimes est une tâche particulièrement difficile qui fait souvent appel à la subjectivité des estimations des agents forestiers, » dit

Nicholas Coops, professeur agrégé en gestion des ressources forestières à l'Université de la Colombie-Britannique, membre de la chaire de recherche du Canada en télédétection et responsable de l'étude. « Lidar permet de contourner ces difficultés : le système est objectif, quantifiable et reproductible. »

Etant donné que le feuillage du couvert détermine la croissance des arbres, les données relatives au couvert sont directement exploitables pour la gestion des forêts et les calculs nécessaires aux inventaires. « Ces données nous renseignent sur le rythme de croissance des arbres, leur potentiel de croissance et leur santé, » dit M. Coops. Ces renseignements sont également utiles dans le cadre de la surveillance de la biodiversité, compte tenu de ce que certains animaux et certains végétaux du sous-étage s'épanouissent uniquement sous des couvertures présentant des caractéristiques spécifiques.

Lidar est une technologie de télédétection par laquelle des impulsions de lumière laser dans le proche infrarouge sont dirigées vers une surface qui les réfléchit : on mesure alors le temps mis par la lumière pour aller du laser au capteur en passant par la surface en question. La longueur du trajet parcouru par la lumière est calculée à partir de la mesure temporelle et de la vitesse constante de la lumière au moyen d'instruments lidar qui envoient des impulsions laser à des niveaux très élevés, jusqu'à 160 000 impulsions par seconde.

### Sources

« *Septoria musiva isolated from cankered stems in hybrid poplar stool beds, Fraser Valley, British Columbia* » est paru le 21 septembre 2007 dans le journal électronique Pacific Northwest Fungi (aujourd'hui North American Fungi). Brenda Callan est également l'auteure de l'ouvrage sur les maladies du peuplier en Colombie-Britannique intitulé : *Diseases of Populus in British Columbia: A Diagnostic Manual*. Il est possible de commander « Estimating canopy structure of Douglas-fir forest stands from discrete-return LiDAR » à partir de la librairie en ligne du Service canadien des forêts.



# Des yeux dans le ciel mesurent la biodiversité du Canada

**E**n orbite terrestre à plus de 700 kilomètres d'altitude au-dessus des forêts canadiennes, un ensemble de capteurs satellitaires recueillent des données à partir de la lumière réfléchie par la surface de la Terre.

Sous le couvert d'un bois de l'est de l'Ontario, une paruline à gorge orangée s'apprête à prendre son envol vers le Sud, où elle passera l'hiver.

BioSpace, un projet mené par Ressources naturelles Canada pour surveiller la diversité biologique du Canada d'espace, est le premier système à exploiter des données provenant de satellites d'observation de la Terre afin d'assurer une surveillance systématique et reproduisible de l'état de la biodiversité sur de larges zones géographiques. Les responsables de ce projet espèrent qu'il pourra être utilisé comme un système d'alerte rapide, pour prévenir les gouvernements et les gestionnaires de ressources en cas de localisation de perte d'habitats essentiels ou d'espèces en péril sur une zone donnée, y compris dans les régions les plus éloignées et les plus inaccessibles du pays.

« La plupart des travaux actuels de caractérisation de la biodiversité au Canada sont très détaillés, très localisés et impliquent généralement que quelqu'un se rende sur le terrain pour procéder à l'inventaire d'espèces bien précises, » dit Mike Wulder ([mwulder@nrcan-rncan.gc.ca](mailto:mwulder@nrcan-rncan.gc.ca)), responsable de projet et chercheur à Ressources naturelles Canada. « Avec BioSpace, on voit les choses en grand : est-il possible d'utiliser des données satellitaires d'observation de la Terre pour mettre en évidence des tendances nationales en matière de biodiversité, ainsi que pour identifier les zones géographiques au regard desquelles l'altération de certains paramètres pourrait indiquer des modifications de la biodiversité? »

BioSpace surveille quatre indicateurs clefs de la biodiversité, avec une résolution spatiale de un kilomètre. La topographie d'un lieu influe sur le climat. La couverture terrestre indique le type de couverture, végétalisée ou non, ainsi que son agencement dans l'espace. L'indice de dynamisme de l'habitat intègre des mesures relatives à la productivité annuelle de la végétation (aussi appelée verdure), à l'enneigement hivernal et aux variations saisonnières au regard de la verdure des paysages (un indicateur de la disponibilité de nourriture). Le quatrième indicateur se rapporte à l'altération de la couverture terrestre au fil du temps.

L'équipe BioSpace a récemment comparé des prédictions basées sur des indicateurs de biodiversité à des données ornithologiques recueillies sur le terrain dans le cadre du Relevé des oiseaux nicheurs (tels que la paruline à gorge orangée) de l'Ontario et au regard de papillons dans le nord-est des É.-U.

« La couverture terrestre et les fluctuations saisonnières constituent les deux principaux indicateurs détectés expliquant la plupart des variations ayant trait à la richesse des espèces de ces deux groupes, » dit Nicholas Coops, professeur agrégé en gestion des ressources forestières à l'Université de la Colombie-Britannique, membre de la chaire de recherche du Canada en télédétection et de l'équipe BioSpace. « Les oiseaux et les papillons aiment les environnements marqués : certaines espèces vivent dans un habitat particulier, se reproduisent dans un deuxième habitat et s'alimentent dans un troisième. Si l'on songe à

utiliser BioSpace pour surveiller l'état des populations d'oiseaux, la concentration doit être sur ces deux indicateurs. »

« Chercher à surveiller la totalité des espèces sur le terrain est extrêmement coûteux, » dit Brenda McAfee, conseillère scientifique en biodiversité à Ressources naturelles Canada. « Les moyens dont nous disposons sont insuffisants, quand bien même nous limiterions cette surveillance aux régions dotées de routes, sans parler des régions éloignées et sans infrastructure de transport. » Selon elle, BioSpace permettrait à son équipe de rendre compte de l'état de la biodiversité d'un écosystème ou d'un paysage sur tout le territoire du Canada.

De nombreux accords obligent le Canada en matière de rapports sur la biodiversité, notamment la Convention sur la diversité biologique, les Critères et indicateurs de l'aménagement durable des forêts du Processus de Montréal, la Stratégie canadienne de la biodiversité et l'Inventaire forestier national.

De plus, les données générées par BioSpace permettent aux chercheurs et aux gestionnaires de ressources naturelles de hiérarchiser l'urgence des échantillonnages sur le terrain. « BioSpace ne remplace pas les échantillonnages sur le terrain, » dit M. Wulder. « Il faut avoir les deux pieds à la terre pour réellement dresser un inventaire des espèces et des conditions. » BioSpace peut faciliter l'allocation judicieuse des rares ressources prévues pour les études détaillées et la conservation des espèces menacées.

BioSpace bénéficie du soutien du Programme des initiatives connexes du gouvernement de l'Agence spatiale canadienne.

On peut commander « The development of a Canadian dynamic habitat index using multi-temporal satellite estimates of canopy light absorption » et « Development of a large area biodiversity monitoring system driven by remote sensing » auprès de la librairie virtuelle du Service canadien des forêts.

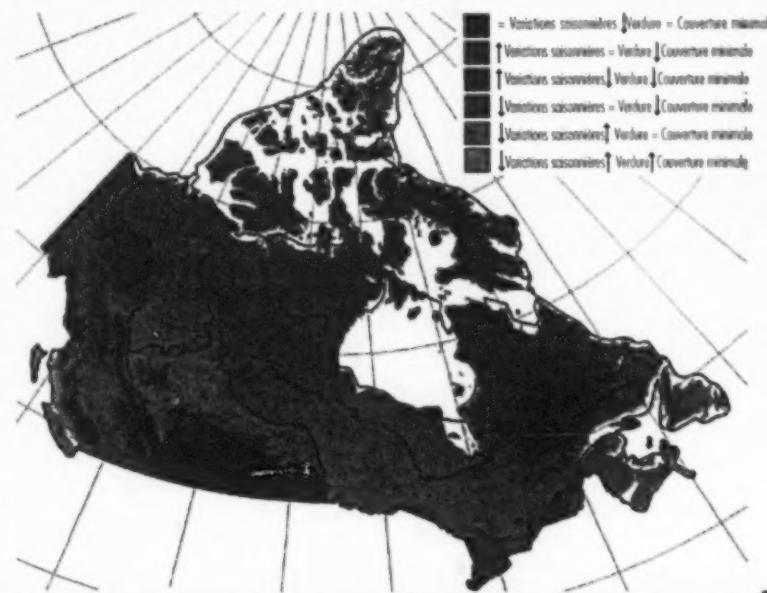
## En couverture



Nombre d'espèces d'oiseaux, telle la paruline à gorge orangée, préfèrent les zones forestières et les espaces boisés marqués, une structure de couverture terrestre identifiable par BioSpace.

Photo : © Paul Tessier, iStock 2007

BioSpace utilise des indicateurs indirects de la biodiversité pour estimer le caractère approprié des habitats pour divers groupes d'espèces animales. L'indice de dynamisme de l'habitat intègre des mesures chronologiques de la productivité annuelle de végétation (verdure), de l'enneigement hivernal (couverture minimale) et des variations saisonnières de la verdure.



# L'impact de l'infestation du dendroctone sur le climat

## Sources

Au printemps, la publication dans *Nature* de l'article de Werner Kurz et coll. intitulé « Mountain pine beetle and forest carbon feedback to climate change » a été largement couverte par la presse et a entraîné de nombreuses réactions de par le monde. Voir également « Impacts of Climate Change on Range Expansion by the Mountain Pine Beetle », par Carroll et coll. On peut commander ces deux articles en ligne à partir de la librairie du Service canadien des forêts.

**L**e scolyte qui pèse un milliard de tonnes de dioxyde de carbone. C'est ainsi que Werner Kurz, chercheur à Ressources naturelles Canada, surnommé le dendroctone du pin ponderosa, ce minuscule insecte qui dévore les forêts de pin de l'Ouest canadien. À ce jour, le dendroctone du pin ponderosa a déjà infesté plus de 13 millions d'hectares de forêts en Colombie-Britannique.

A cause du dendroctone, le bilan du carbone de la province est en train de basculer dans le rouge. Il y a dix ans, les vastes forêts de la Colombie-Britannique captaiient et emmagasinaiient plus de carbone de l'atmosphère qu'elles n'en rejetaient. Aujourd'hui, c'est l'inverse.

Selon une étude menée par M. Kurz et ses collègues du Service canadien des forêts et du ministère des Forêts de la Colombie-Britannique, à l'issue de cette infestation (de 2000 à 2020), l'épidémie de dendroctone aura contribué à accroître la concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère de près d'un milliard de tonnes, un impact équivalent à environ 10 percent des émissions annuelles de gaz à effet de serre imputables à l'activité humaine au Canada.

« L'impact du dendroctone est double, » dit M. Kurz ([wkurz@rncan.gc.ca](mailto:wkurz@rncan.gc.ca)). « Le scolyte tue les arbres, alors les arbres arrêtent de fixer le dioxyde de carbone par photosynthèse puis, à mesure qu'ils se décomposent, les arbres morts rejettent le dioxyde de carbone qu'ils ont accumulé durant leur vie. »

Il s'agit là de la première évaluation de l'impact d'une infestation d'insecte sur le bilan du carbone d'une zone géographique étendue. « De toute évidence, quand les gouvernements évaluent la réaction des systèmes terrestres aux changements climatiques, ils doivent impérativement ne pas se contenter d'examiner les réactions aux incendies, mais également aux insectes et à d'autres perturbations naturelles, » dit M. Kurz, membre du Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat prix Nobel de la paix en 2007.

À l'aide du modèle du bilan du carbone du secteur forestier canadien (CBM-CFS3), M. Kurz et ses collègues ont récapitulé les conditions qui règnent dans les forêts de la province en se fondant sur des données d'inventaire et d'autres renseignements fournis par les provinces, les entomologistes, les chercheurs en incendies de forêt et d'autres scientifiques. L'équipe

a entré ces données dans le cadre de simulation du modèle afin d'évaluer la contribution du dendroctone aux émissions totales de gaz à effet de serre.

« Nous avons appliqué le modèle à environ 98 percent de la zone infestée, avec et sans dendroctone, » explique Werner Kurz. « Nous avons ensuite quantifié la différence entre les résultats sans et avec le dendroctone. On a constaté une différence de 990 millions de tonnes de dioxyde de carbone. En ajoutant l'impact des mesures de lutte contre le scolyte, nous sommes parvenus à une différence de 1,17 milliard de tonnes supplémentaires rejetées dans les écosystèmes. »

Pour M. Kurz, ces résultats devraient être l'occasion pour envisager les moyens à mettre en œuvre pour réduire ces chiffres. « Qu'allons-nous faire de tout ce bois mort? Si nous le laissons là où il est, soit il se décomposera, soit il sera brûlé au cours d'un incendie, mais de toute façon, le dioxyde de carbone qu'il renferme sera rejeté dans l'atmosphère. Mais les moyens d'atténuer les effets de ce bilan des gaz à effet de serre existent. »

Ainsi, des études financées par le Programme fédéral sur le dendroctone du pin ponderosa indiquent que lorsqu'un arbre affecté par le dendroctone est laissé en place, la qualité de son bois se dégrade très rapidement après sa mort. La récupération rapide des arbres morts à cause du dendroctone et la transformation du bois en bois d'œuvre et autres matériaux de construction permettrait la séquestration du carbone du bois pour de nombreuses années. D'autre part, il pourrait être envisagé d'utiliser les arbres morts des suites de l'infestation de dendroctone comme biocarburant : les émissions liées à sa combustion se substituerait à celles inhérentes à la combustion de carburants fossiles et réduiraient dès lors les pressions exercées en vue de convertir les terrains forestiers et les terres cultivées pour la production alimentaire en terres cultivées pour la production de biocarburants.

Le modèle prévisionnel d'impact utilisé pour cette étude peut s'appliquer à d'autres insectes. Werner Kurz et son équipe s'affairent à présent à l'examen de l'incidence de la défoliation due à la tordeuse des bourgeons de l'épinette sur le bilan du carbone des forêts canadiennes.

La hausse des températures a contribué à la récente expansion de l'aire de répartition du dendroctone du pin ponderosa à des altitudes plus élevées de la Colombie-Britannique, ainsi que vers le nord et vers l'est. La hausse des températures hivernales a permis la survie des larves, entraînant l'accroissement des populations de dendroctone.

Si la baisse des températures relevées l'hiver dernier dans le nord de l'Alberta et de la Colombie-Britannique a contribué à la diminution des populations de dendroctone dans ces régions, l'infestation poursuit son expansion vers l'est et vers le sud.



## Les chercheurs examinent l'influence du climat sur les forêts

**Q**uand il s'agit de prédire l'avenir, notre planète Terre n'est pas une boule de cristal.

Des scientifiques du monde entier—y compris de Ressources naturelles Canada—travaillent actuellement à définir dans quelles mesures les changements climatiques mondiaux vont affecter les systèmes dont dépendent les formes de vie et la qualité de la vie sur Terre. Les chercheurs s'intéressent notamment aux systèmes de circulation atmosphériques et océaniques mondiaux et aux écosystèmes régionaux.

Les chercheurs mettent en équation les données recueillies dans le cadre des mesures, des programmes de surveillance et des études afin d'élaborer des modèles mathématiques et des simulations de systèmes et processus existant réellement.

En dépit de l'abondance de données disponibles au regard de notre planète, les modèles simulant les phénomènes forestiers peinent généralement à produire des projections précises à long terme.

Pour Werner Kurz, chercheur à Ressources naturelles Canada, « de nombreux modèles permettent de prédire avec une certitude raisonnable ce qui se passera dans nos forêts dans dix ans, voire dans plusieurs décennies.

Mais plus nous nous projetons loin dans l'avenir, plus le degré d'incertitude s'accroît, tout comme les possibilités d'erreur quant à nos hypothèses et nos paramètres de modélisation, quels que soient les modèles. »

À la tête d'une équipe de chercheurs issus du Service canadien des forêts et du ministère des Forêts de la Colombie-Britannique, M. Kurz entend développer un modèle qui permette de contrôler le bilan du carbone des forêts canadiennes et d'extrapoler à l'avenir les chiffres de la séquestration du carbone. D'autres équipes de recherche à Ressources naturelles Canada travaillent à l'élaboration de modèles de simulation de l'influence du climat sur les forêts du Canada. Tous ces modèles, destinés chacun à répondre à des questions précises, adoptent des démarches différentes pour trouver ces réponses, tout en appliquant ces études à différentes échelles géographiques et différentes échelles de graduation.

Quelques-uns de ces modèles sont présentés ci-après et dont les renseignements sont fournis par leurs principaux responsables.

### Modèle de bilan du carbone pour le secteur forestier canadien (CBM-CFS)

**Responsable :** Werner Kurz, chercheur, groupe de travail chargé de la comptabilisation du carbone ([wkurz@nrcan-rncan.gc.ca](mailto:wkurz@nrcan-rncan.gc.ca))

**Objectifs du modèle :** Simuler le bilan de gaz à effet de serre des forêts, ainsi que l'incidence des activités humaines et des perturbations naturelles sur le bilan des gaz à effet de serre. Le modèle CBM-CFS est au cœur du Système national de surveillance, de comptabilisation et de production de rapports concernant le carbone des forêts. Destiné à éclairer les décisions politiques et les négociations internationales sur le climat, ce modèle est également utilisé par l'industrie, les provinces et les universitaires au Canada et à l'étranger.

**Questions auxquelles le modèle est censé apporter des réponses :** Quelle analyse peut-on faire de l'évolution passée du stock de carbone des forêts au niveau des peuplements et des paysages? Dans quelles mesures les différents scénarios ou les différentes options de gestion se reflètent-ils dans le bilan du carbone? Quelle est l'efficacité des différentes stratégies d'atténuation visant à réduire les sources d'émission de gaz à effet de serre et à accroître la séquestration?

**Démarche :** Empirique. Sa capacité de modélisation des processus est limitée.

**Information générée :** Information relative à la croissance des arbres, aux stocks de carbone et aux bilans en matière

d'émissions de gaz à effet de serre. Le modèle examine le dioxyde de carbone, ainsi que les autres gaz à effet de serre, principalement le méthane. Il calcule par ailleurs toute une série de paramètres écologiques tels que la productivité nette primaire et la productivité nette des écosystèmes.

**Exigences en matière de données:** Données d'inventaire forestier traditionnelles, données sur la croissance et le rendement, données propres aux différentes activités (récolte, plantation, brûlis) et données ayant trait aux perturbations naturelles (incidence des incendies, insectes et autres). Enfin, des données sur la modification de l'utilisation des terres (reboisement, déforestation). Le modèle requiert également des paramètres écologiques, qui sont fournis sauf si vous appliquez le modèle à une autre zone géographique du Canada, auquel cas il convient de vérifier ces paramètres, voire de les réviser.

**Incertitude :** Nous ne sommes pas encore en mesure de mettre en équation les signes climatiques avec les signes de la fonction de réponse. Cette question est actuellement au cœur d'intenses recherches. Nous devons proposer une fonction de réponse à ce stade : en indiquant au modèle que les arbres pousseront à une vitesse supérieure de X pour cent, que tant d'incendies se produiront, etc.

**Contraintes :** Les difficultés que nous venons d'évoquer, ainsi que la durée nécessaire à l'exécution du modèle. Pour l'ensemble du Canada, nous disposons de près de trois millions de rapports d'inventaire. Nous avons compilé une version réduite de cette base de données comprenant 60 000 rapports; ramené à quelques minutes seulement, le temps de calcul nous permet de procéder à des analyses de sensibilité.

**Atouts :** Il fournit aux utilisateurs un cadre et une capacité d'analyse permettant des analyses rétrospectives ou prospectives des stocks de carbone des forêts.

**Améliorations possibles :** Certaines représentations de processus n'ont pas encore été mises en œuvre et certaines données sont manquantes : nous en savons par exemple bien moins sur les sols et sur le carbone contenu dans les sols que sur les arbres. Nombre de facteurs environnementaux entrent par ailleurs en ligne de compte, tels que la position ou l'aspect de la pente, ou encore le drainage, autant de paramètres pour lesquels il n'existe aucune donnée à l'échelle nationale. En conclusion, appliqué individuellement aux sites, le modèle de projection ne permet pas de dessiner ces sites de façon satisfaisante; en revanche, appliqué à des moyennes régionales, ce modèle de projection fonctionne très bien.



# L'impact de l'infestation du dendroctone sur le climat

## Sources

Au printemps, la publication dans *Nature* de l'article de Werner Kurz et coll. intitulé « Mountain pine beetle and forest carbon feedback to climate change » a été largement couverte par la presse et a entraîné de nombreuses réactions de par le monde. Voir également « Impact of Climate Change on Range Expansion by the Mountain Pine Beetle », par Carroll et coll. On peut commander ces deux articles en ligne à partir de la librairie du Service canadien des forêts.

**L**e scolyte qui pèse un milliard de tonnes de dioxyde de carbone. C'est ainsi que Werner Kurz, chercheur à Ressources naturelles Canada, surnomme le dendroctone du pin ponderosa, ce minuscule insecte qui dévore les forêts de pin de l'Ouest canadien. À ce jour, le dendroctone du pin ponderosa a déjà infesté plus de 13 millions d'hectares en Colombie-Britannique.

À cause du dendroctone, le bilan du carbone de la province est en train de basculer dans le rouge. Il y a dix ans, les vastes forêts de la Colombie-Britannique captaient et emmagasinaient plus de carbone de l'atmosphère qu'elles n'en rejettent. Aujourd'hui, c'est l'inverse.

Selon une étude menée par M. Kurz et ses collègues du Service canadien des forêts et du ministère des Forêts de la Colombie-Britannique, à l'issue de cette infestation (de 2000 à 2020), l'épidémie de dendroctone aura contribué à accroître la concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère de près d'un milliard de tonnes, un impact équivalent à environ 10 percent des émissions annuelles de gaz à effet de serre imputables à l'activité humaine au Canada.

« L'impact du dendroctone est double, » dit M. Kurz ([wkurz@rncan.gc.ca](mailto:wkurz@rncan.gc.ca)). « Le scolyte tue les arbres, alors les arbres arrêtent de fixer le dioxyde de carbone par photosynthèse puis, à mesure qu'ils se décomposent, les arbres morts rejettent le dioxyde de carbone qu'ils ont accumulé durant leur vie. »

Il s'agit là de la première évaluation de l'impact d'une infestation d'insecte sur le bilan du carbone d'une zone géographique étendue. « De toute évidence, quand les gouvernements évaluent la réaction des systèmes terrestres aux changements climatiques, ils doivent impérativement ne pas se contenter d'examiner les réactions aux incendies, mais également aux insectes et à d'autres perturbations naturelles, » dit M. Kurz, membre du Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat prix Nobel de la paix en 2007.

À l'aide du modèle du bilan du carbone du secteur forestier canadien (CBM-CFS3), M. Kurz et ses collègues ont récapitulé les conditions qui règnent dans les forêts de la province en se fondant sur des données d'inventaire et d'autres renseignements fournis par les provinces, les entomologistes, les chercheurs en incendies de forêt et d'autres scientifiques. L'équipe

a entré ces données dans le cadre de simulation du modèle afin d'évaluer la contribution du dendroctone aux émissions totales de gaz à effet de serre.

« Nous avons appliqué le modèle à environ 98 percent de la zone infestée, avec et sans dendroctone, » explique Werner Kurz. « Nous avons ensuite quantifié la différence entre les résultats sans et avec le dendroctone. On a constaté une différence de 990 millions de tonnes de dioxyde de carbone. En ajoutant l'impact des mesures de lutte contre le scolyte, nous sommes parvenus à une différence de 1,17 milliard de tonnes supplémentaires rejetées dans les écosystèmes. »

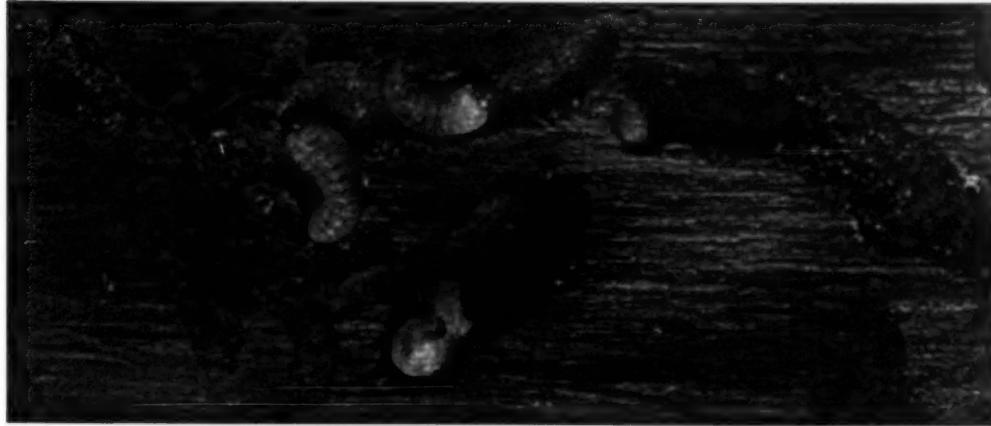
Pour M. Kurz, ces résultats devraient être l'occasion pour envisager les moyens à mettre en œuvre pour réduire ces chiffres. « Qu'allons-nous faire de tout ce bois mort? Si nous le laissons là où il est, soit il se décomposera, soit il sera brûlé au cours d'un incendie, mais de toute façon, le dioxyde de carbone qu'il renferme sera rejeté dans l'atmosphère. Mais les moyens d'atténuer les effets de ce bilan des gaz à effet de serre existent. »

Ainsi, des études financées par le Programme fédéral sur le dendroctone du pin ponderosa indiquent que lorsqu'un arbre affecté par le dendroctone est laissé en place, la qualité de son bois se dégrade très rapidement après sa mort. La récupération rapide des arbres morts à cause du dendroctone et la transformation du bois en bois d'œuvre et autres matériaux de construction permettrait la séquestration du carbone du bois pour de nombreuses années. D'autre part, il pourrait être envisagé d'utiliser les arbres morts des suites de l'infestation de dendroctone comme biocarburant : les émissions liées à sa combustion se substitueraient à celles inhérentes à la combustion de carburants fossiles et réduiraient dès lors les pressions exercées en vue de convertir les terrains forestiers et les terres cultivées pour la production alimentaire en terres cultivées pour la production de biocarburants.

Le modèle prévisionnel d'impact utilisé pour cette étude peut s'appliquer à d'autres insectes. Werner Kurz et son équipe s'affairent à présent à l'examen de l'incidence de la défoliation due à la tordeuse des bourgeons de l'épinette sur le bilan du carbone des forêts canadiennes.

La hausse des températures a contribué à la récente expansion de l'aire de répartition du dendroctone du pin ponderosa à des altitudes plus élevées de la Colombie-Britannique, ainsi que vers le nord et vers l'est. La hausse des températures hivernales a permis la survie des larves, entraînant l'accroissement des populations de dendroctone.

Si la baisse des températures relevées l'hiver dernier dans le nord de l'Alberta et de la Colombie-Britannique a contribué à la diminution des populations de dendroctone dans ces régions, l'infestation poursuit son expansion vers l'est et vers le sud.



## Les chercheurs examinent l'influence du climat sur les forêts

**Q**uand il s'agit de prédire l'avenir, notre planète Terre n'est pas une boule de cristal.

Des scientifiques du monde entier—y compris de Ressources naturelles Canada—travaillent actuellement à définir dans quelles mesures les changements climatiques mondiaux vont affecter les systèmes dont dépendent les formes de vie et la qualité de la vie sur Terre. Les chercheurs s'intéressent notamment aux systèmes de circulation atmosphériques et océaniques mondiaux et aux écosystèmes régionaux.

Les chercheurs mettent en équation les données recueillies dans le cadre des mesures, des programmes de surveillance et des études afin d'élaborer des modèles mathématiques et des simulations de systèmes et processus existant réellement.

En dépit de l'abondance de données disponibles au regard de notre planète, les modèles simulant les phénomènes forestiers peinent généralement à produire des projections précises à long terme.

Pour Werner Kurz, chercheur à Ressources naturelles Canada, « de nombreux modèles permettent de prédire avec une certitude raisonnable ce qui se passera dans nos forêts dans dix ans, voire dans plusieurs décennies.

Mais plus nous nous projetons loin dans l'avenir, plus le degré d'incertitude s'accroît, tout comme les possibilités d'erreur quant à nos hypothèses et nos paramètres de modélisation, quels que soient les modèles. »

À la tête d'une équipe de chercheurs issus du Service canadien des forêts et du ministère des Forêts de la Colombie-Britannique, M. Kurz entend développer un modèle qui permette de contrôler le bilan du carbone des forêts canadiennes et d'extrapoler à l'avenir les chiffres de la séquestration du carbone. D'autres équipes de recherche à Ressources naturelles Canada travaillent à l'élaboration de modèles de simulation de l'influence du climat sur les forêts du Canada. Tous ces modèles, destinés chacun à répondre à des questions précises, adoptent des démarches différentes pour trouver ces réponses, tout en appliquant ces études à différentes échelles géographiques et différentes échelles de graduation.

Quelques-uns de ces modèles sont présentés ci-après et dont les renseignements sont fournis par leurs principaux responsables.

### Modèle de bilan du carbone pour le secteur forestier canadien (CBM-CFS)

**Responsable :** Werner Kurz, chercheur, groupe de travail chargé de la comptabilisation du carbone ([wkurz@rncan-rncan.gc.ca](mailto:wkurz@rncan-rncan.gc.ca))

**Objectifs du modèle :** Simuler le bilan de gaz à effet de serre des forêts, ainsi que l'incidence des activités humaines et des perturbations naturelles sur le bilan des gaz à effet de serre. Le modèle CBM-CFS est au cœur du Système national de surveillance, de comptabilisation et de production de rapports concernant le carbone des forêts. Destiné à éclairer les décisions politiques et les négociations internationales sur le climat, ce modèle est également utilisé par l'industrie, les provinces et les universitaires au Canada et à l'étranger.

**Questions auxquelles le modèle est censé apporter des réponses :** Quelle analyse peut-on faire de l'évolution passée du stock de carbone des forêts au niveau des peuplements et des paysages? Dans quelles mesures les différents scénarios ou les différentes options de gestion se reflètent-ils dans le bilan du carbone? Quelle est l'efficacité des différentes stratégies d'atténuation visant à réduire les sources d'émission de gaz à effet de serre et à accroître la séquestration?

**Démarche :** Empirique. Sa capacité de modélisation des processus est limitée.

**Information générée :** Information relative à la croissance des arbres, aux stocks de carbone et aux bilans en matière

d'émissions de gaz à effet de serre. Le modèle examine le dioxyde de carbone, ainsi que les autres gaz à effet de serre, principalement le méthane. Il calcule par ailleurs toute une série de paramètres écologiques tels que la productivité nette primaire et la productivité nette des écosystèmes.

**Exigences en matière de données:** Données d'inventaire forestier traditionnelles, données sur la croissance et le rendement, données propres aux différentes activités (récolte, plantation, brûlis) et données ayant trait aux perturbations naturelles (incidence des incendies, insectes et autres). Enfin, des données sur la modification de l'utilisation des terres (reboisement, déforestation), le modèle requiert également des paramètres écologiques, qui sont fournis sauf si vous appliquez le modèle à une autre zone géographique du Canada, auquel cas il convient de vérifier ces paramètres, voire de les réviser.

**Incertitude :** Nous ne sommes pas encore en mesure de mettre en équation les signes climatiques avec les signes de la fonction de réponse. Cette question est actuellement au cœur d'intenses recherches. Nous devons proposer une fonction de réponse à ce stade : en indiquant au modèle que les arbres pousseront à une vitesse supérieure de X pour cent, que tant d'incendies se produiront, etc.

**Contraintes :** Les difficultés que nous venons d'évoquer, ainsi que la durée nécessaire à l'exécution du modèle. Pour l'ensemble du Canada, nous disposons de près de trois millions de rapports d'inventaire. Nous avons compilé une version réduite de cette base de données comprenant 60 000 rapports; ramené à quelques minutes seulement, le temps de calcul nous permet de procéder à des analyses de sensibilité.

**Atouts :** Il fournit aux utilisateurs un cadre et une capacité d'analyse permettant des analyses rétrospectives ou prospectives des stocks de carbone des forêts.

**Améliorations possibles :** Certaines représentations de processus n'ont pas encore été mises en œuvre et certaines données sont manquantes : nous en savons par exemple bien moins sur les sols et sur le carbone contenu dans les sols que sur les arbres. Nombre de facteurs environnementaux entrent par ailleurs en ligne de compte, tels que la position ou l'aspect de la pente, ou encore le drainage, autant de paramètres pour lesquels il n'existe aucune donnée à l'échelle nationale. En conclusion, appliqué individuellement aux sites, le modèle de projection ne permet pas de dessiner ces sites de façon satisfaisante; en revanche, appliqué à des moyennes régionales, ce modèle de projection fonctionne très bien.



## Simulateur de la dynamique d'un paysage (LANDDS)

**Responsable :** David Gray, chercheur, Écologie de la perturbation; Dynamique spatiale des infestations d'insectes forestiers ([dgray@nrcan-rncan.gc.ca](mailto:dgray@nrcan-rncan.gc.ca))

**Objectifs du modèle :** Simuler les modifications de la structure d'un paysage dans le contexte d'un scénario climatique donné et à mesure qu'une forêt vieillit, meurt et se régénère, tout en étant affectée par les infestations d'insectes, les incendies et les récoltes. Ce modèle vise à intégrer les principaux facteurs à l'origine des modifications d'une forêt dans le temps (croissance naturelle, succession écologique, coupe, incendies et perturbations causées par les insectes) et à étudier les interactions entre ces différents facteurs.

**Questions auxquelles le modèle est censé apporter des réponses :** Quel est l'impact réel des changements climatiques sur le paysage forestier et sur notre capacité à en exploiter les ressources naturelles?

**Démarche :** Empirique.

**Information générée :** Le modèle génère une description en perpétuelle évolution d'un paysage forestier touchant la diversité des espèces, la répartition par âge, et la répartition par diamètre des espèces pour un pixel donné; ces données peuvent ensuite être combinées de multiples façons. On peut synthétiser les données par unité géographique ou par compétence provinciale, par unité de gestion, par écosystème ou par écozone; on peut générer une synthèse portant sur la totalité de la durée de la simulation : pertes dues à un élément perturbateur, rendement de la coupe pour cette simulation, rendement de la coupe si l'on n'y avait pas été contraint par les pertes causées par les éléments perturbateurs. Le modèle permet le suivi

d'un paysage forestier en perpétuelle évolution : son aspect, mais également les pertes causées par des éléments perturbateurs et la progression des coupes dans le temps.

**Exigences en matière de données :** Le modèle intègre les données des inventaires provinciaux pour établir le paysage de base : répartition des essences, classe d'âge et répartition par diamètre. Le modèle requiert des données relatives aux infestations d'insectes qui s'appuient sur des documents historiques, ainsi que des analyses de l'influence sur les insectes de l'habitat forestier et du climat. La composante « incendie » du modèle s'appuie sur la Base de données sur les incendies importants. Les scénarios climatiques proviennent du Centre canadien de la modélisation et de l'analyse climatique.

**Incertitude :** Elevée. Compte tenu de ce que les trois principaux facteurs – à savoir les humains, les incendies et les insectes – s'influencent mutuellement dès qu'un degré infime d'incertitude touche l'un de ces facteurs, cette incertitude se répercute sur tous les autres. Si l'on effectue une simulation sur 200 années, ces effets domino se cumulent.

**Contraintes :** Exigences en matière de données. Pour lancer la simulation, il faut disposer d'une image précise de la forêt : une quantité importante de données d'inventaire, préexistantes et suffisamment précises, est donc requise.

**Atouts :** Ce simulateur propose une description complète, car détaillée, de la forêt.

**Améliorations possibles :** Le simulateur ne modélise sur le long terme ni la croissance, ni la succession écologique.

## Modélisation des niches écologiques pour cartographier la végétation

**Responsable :** Dan McKenney, chef, analyse du paysage et applications ([dmckenney@nrcan-rncan.gc.ca](mailto:dmckenney@nrcan-rncan.gc.ca))

**Objectifs du modèle :** En s'appuyant sur la définition d'une enveloppe climatique, le modèle s'emploie à localiser les lieux où les différentes espèces végétales se développent, de façon à élaborer une cartographie des profils climatiques de chaque espèce. Pour ce qui est de la composante climatique, nous nous posons la question de savoir comment va évoluer ce climat; pour y répondre, nous utilisons les scénarios élaborés par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.

**Questions auxquelles le modèle est censé apporter des réponses :** Quelles sont les répartitions potentielles des espèces végétales? Quelles sont leurs tolérances en matière de climat? Dans quelles zones les migrations végétales subiront-elles une quelconque pression; dans quels cas les gestionnaires pourraient-ils envisager une migration assistée?

**Démarche :** Empirique : nous quantifions les tolérances climatiques d'espèces individuelles établies dans des zones connues.

**Information générée :** Conséquences potentielles du climat sur la répartition des espèces. Ce modèle fournit de l'information quant aux endroits où rechercher certaines espèces, où envisager tester des plantations de certaines espèces et où certains scénarios pourraient poser problème à certaines espèces.

**Exigences en matière de données :** Données sur la présence et la localisation des espèces. Sont traitées des données sur des parcelles de végétation relatives à la plupart des provinces, des données issues des différents centres de données sur la conservation des provinces canadiennes, des données NatureServe (É.-U.), des données issues d'estimations individuelles idoines, entreprises par des botanistes, des écologistes, des maîtres jardiniers et parfois même par le public. Nous utilisons des modèles climatiques et des données provenant de scénarios de changements climatiques.

**Incertitude :** Le degré d'incertitude est grandement lié à la qualité des scénarios de changements climatiques, ainsi qu'à la tournure de ces changements climatiques. Nous ne pouvons pas la connaître : elle dépend en grande partie des réactions humaines aux changements climatiques.

**Contraintes :** Il est toujours possible d'exploiter des données supplémentaires, en particulier en ce qui concerne la capacité des végétaux à se développer en dehors de leurs aires naturelles.

**Atouts :** Quantification correcte des tolérances climatiques, cartographies, bonne visualisation. Compte tenu des possibles applications pratiques du modèle pour les jardiniers comme pour le grand public, le site Web (<http://planthardiness.gc.ca/?lang=fr>) reçoit chaque mois la visite de 10 000 à 40 000 internautes.

**Améliorations possibles :** Limitées par la disponibilité des données en matière d'observation des végétaux et de climat, ainsi que par la qualité des scénarios de changements climatiques.



## Simulateur intégré de la biosphère canadienne (CanIBIS)

**Responsable :** David Price, chercheur, Modélisation intégrant des effets du changement climatique ([dprice@nrcan-rncan.gc.ca](mailto:dprice@nrcan-rncan.gc.ca))

**Objectifs du modèle :** CanIBIS est un modèle dynamique de végétation. Il vise à considérer tous les principes physiques ayant trait aux échanges de chaleur, de vapeur d'eau et de dioxyde de carbone entre la végétation et l'atmosphère en réaction aux variations météorologiques horaires, ainsi qu'à examiner l'influence des sols et de la topographie sur la disponibilité de l'eau. La croissance de la végétation et la succession des espèces sont représentées en simulant un mélange de types fonctionnels de plantes (TFP) paramétré pour réagir différemment aux conditions environnementales. L'objectif de cette simulation est de recréer la répartition spatiale de la végétation canadienne en s'appuyant sur les observations de terrain et sur la télédétection quand le modèle utilise des données climatiques historiques.

**Questions auxquelles le modèle est censé apporter des réponses :** En fonction des processus élémentaires impliqués dans la croissance des végétaux, comment la répartition et la productivité de différents types de végétaux pourront-elles évoluer?

**Démarche :** Processus.

**Information générée :** Le modèle produit des données très diverses, notamment sur la productivité nette primaire, sur la productivité nette des écosystèmes et sur la répartition des types de végétation (classés à partir de la combinaison simulée de TFP) au sein d'un paysage donné. Il produit par ailleurs des projections quant à l'évolution de ces données au regard des changements climatiques actuels.

**Exigences en matière de données :** Elévées. Chaque TFP nécessite des paramètres pour déterminer des taux de croissance et de survie en réaction à des facteurs environnementaux. Les simulations spatiales à l'échelle du continent requièrent par ailleurs des séries de données continentales ayant trait aux sols et à la climatologie mensuelle. Les séries de données climatiques (températures, précipitations, vitesse du vent, humidité) sont soit interpolées à partir des mesures recueillies par l'ensemble des stations météorologiques du continent nord-américain depuis 1901, soit interpolées pour une utilisation future à partir des scénarios de modèles climatiques planétaires (MCP). Chaque MCP exploite différentes hypothèses de fonctionnement de la circulation atmosphérique et

## Modèle écoclimatique appliqué au dendroctone du pin ponderosa

**Responsable :** Allan Carroll, chercheur, entomologie forestière ([acarroll@nrcan-rncan.gc.ca](mailto:acarroll@nrcan-rncan.gc.ca))

**Objectifs du modèle :** Le modèle fait interagir toutes sortes de paramètres affectant le dendroctone du pin ponderosa, soit directement, soit indirectement par le truchement de son hôte (Température ambiante suffisante pour que le scolyte soit en mesure d'achever au bon moment son cycle de développement? Incidence de températures hivernales particulièrement basses? Températures au cœur de l'été suffisantes pour permettre au scolyte de voir le jour, puis de s'envoler et se disperser? Précipitations printanières suffisantes pour permettre aux arbres de se défendre contre le DPP?). Ces paramètres sont ensuite combinés à différentes conditions climatiques, de façon à étudier si le climat d'une zone donnée est ou non propice au développement du dendroctone du pin ponderosa. Nous couplons ensuite notre modèle au logiciel BioSIM, élaboré par Jacques Régnière au Centre de foresterie des Laurentides, qui nous permet d'extraire les renseignements relatifs à des zones individuelles à l'ensemble d'un territoire. Nous sommes alors en mesure de produire des cartes des climats propices pour de vastes territoires.

**Questions auxquelles le modèle est censé apporter des réponses :** Les habitats propices au DPP sur le plan climatologique sont-ils plus nombreux qu'auparavant? Si oui, cette évolution se

fond-elle sur des données météorologiques réelles sur la répartition des habitats propices au DPP sur le plan climatologique? Le DPP s'est-il propagé dans ces nouvelles aires?

**Démarche :** Combinaison d'empirique et de processus. Le modèle s'appuie sur ce que nous connaissons du DPP et de sa façon d'interagir avec son environnement et son hôte; le modèle se base également sur certaines associations empiriques ayant été rapportées.

**Information générée :** Les données météorologiques en notre possession nous permettent de mettre en évidence les éventuels changements historiques dans la répartition des habitats propices au dendroctone du pin ponderosa sur le plan climatologique. Nous évaluons ensuite l'éventuelle corrélation entre l'expansion du DPP et l'expansion de ces habitats propices. Nous utilisons des données météorologiques simulées qui s'appuient sur des modèles de circulation planétaire, à différentes échéances à venir et intégrées à divers scénarios de changements climatiques; nous cartographions la répartition des habitats potentiellement propices sur le plan climatologique. En d'autres termes, en nous basant sur ces autres paramètres, nous sommes en mesure de prédire les mouvements attendus du dendroctone du pin ponderosa liés aux changements climatiques.

**Exigences en matière de données :** Données relatives à la température et aux

précipitations. Des données supplémentaires sont indispensables pour envisager la modification de l'application du modèle aux paysages et de son utilisation pour évaluer la réaction du DPP.

**Incertitude :** Ce modèle est très précis, en ce sens que les faits ont confirmé le caractère propice sur le plan climatologique des aires que nous avions prévues comme propices au développement du DPP. Le scolyte s'est en effet propagé dans ces aires. Le degré de certitude de ces prédictions est lié au degré de certitude concernant nos projections en matière de changements climatiques. Compte tenu de ce que nous ne prévoyons aucune évolution sur le plan biologique, notre modèle devrait demeurer approprié.

**Contraintes :** Projections climatiques.

**Atouts :** Le modèle prédit la répartition des habitats propices sur le plan climatologique pour de vastes territoires.

**Améliorations possibles :** Les normales sur 30 ans—notre approche de l'étude du climat sur une longue période—et les évolutions par décennie s'avèrent moins adaptées à la mise en œuvre de mesures de gestion directe que les travaux s'appuyant sur des données annuelles. Par ailleurs, l'extrapolation des prédictions à l'échelle d'un territoire permise par l'utilisation de BioSIM s'appuie sur un modèle altimétrique numérique doté d'une résolution d'un kilomètre, ce qui s'avère insuffisante pour certaines aires, notamment dans les régions montagneuses.



s'appuie sur des projections particulières en matière de (suite à la page suivante)

croissance démographique humaine, de croissance économique et de schémas d'exploitation des énergies fossiles. Par ailleurs, nous normalisons les scénarios de MCP en fonction de leurs simulations actuelles, de sorte que les variations climatiques spatiales observées puissent être exploitées pour des projections.

**Incertitude :** Le modèle est solide en ce qu'il tente de simuler de façon réaliste de nombreux processus (en prenant en considération les différences d'échelle); cela signifie en revanche qu'il est affreusement complexe et qu'il simplifie la réalité de manière grossière. Les forêts d'Amérique du Nord sont diverses. Les causes de cette diversité sont nombreuses et complexes : nous essayons donc de simuler un système extrêmement compliqué d'interactions entre l'atmosphère et les écosystèmes, en tenant compte du fait que nombre de ces interactions sont encore mal comprises. De plus, concernant les prédictions sur les changements à venir, nous nous devons d'admettre que les hypothèses intégrées aux MCP constituent de grossières simplifications de la réalité et que le degré d'incertitude est extrêmement élevé quant aux scénarios en matière de futures émissions de gaz à effet de serre et de leur incidence sur le climat.

**Contraintes :** La quantité de données, la complexité de paramétrage des processus que nous jugeons essentiels, la durée des échéances, l'échelle géographique du modèle, la puissance et le temps de calcul nécessaires. Un groupe de 35 ordinateurs sous LINUX traitent les données en parallèle, afin de réduire au maximum la durée de calcul.

**Atouts :** Ce modèle rend compte de la diversité des processus contribuant à l'apparition à grande échelle (échelle continentale) de la végétation dans les paysages, ainsi que des réactions potentielles à la modification des conditions environnementales.

**Améliorations possibles :** Capacité limitée à prévoir l'imprévisible. Les modèles ne prévoient pas ce qu'ils ne sont pas programmés à prévoir. Nous utilisons des données climatiques qui consistent en des valeurs mensuelles réparties sur des grilles de 10 kilomètres; nous utilisons des données relatives aux sols, inadaptées pour les régions situées à une latitude et une altitude élevées et uniformisées sur des mailles relativement vastes. Notre hypothèse selon laquelle chaque maille de 10 kilomètres serait homogène est erronée. En outre, le modèle simule encore mal les perturbations et ne prend pas en considération l'incidence d'infestations majeures d'insectes ravageurs tels la tordeuse des bourgeons de l'épinette ou le dendroctone du pin ponderosa. Il reste

## Tordeuse occidentale de l'épinette – Modèle BioSIM

**Responsable :** Vince Nealis, spécialiste de l'écologie des insectes ([vnealis@nrcan.gc.ca](mailto:vnealis@nrcan.gc.ca))

**Objectifs du modèle :** Nous essayons de modéliser la synchronisation du développement des arbres et des insectes en fonction des conditions météorologiques (en particulier en fonction de la température). Le modèle nous aidera à comprendre les raisons pour lesquelles certains éléphants, certaines régions connaissent des infestations de tordeuse des bourgeons, tandis que d'autres régions ne sont pas affectées; il nous aidera à comprendre pourquoi, depuis 1975, les régions centrales de Colombie-Britannique ont connu des infestations chroniques de tordeuse occidentale des bourgeons de l'épinette, pourquoi les infestations affectent des zones situées à des altitudes et des latitudes de plus en plus élevées, et si oui ou non certaines régions ne sont plus propices aux infestations de tordeuse occidentale des bourgeons de l'épinette d'un point de vue climatologique. Notre modèle utilise BioSIM, un programme de modélisation des conditions climatiques et météorologiques élaboré par Jacques Réginière, chercheur au Service canadien des forêts.

**Questions auxquelles le modèle est censé apporter des réponses :** Dans quelle mesure la synchronisation entre un insecte et un arbre à l'échelle locale et à l'échelle d'un paysage a-t-elle une

incidence sur le potentiel d'envahissement de l'insecte?

**Démarche :** Processus.

**Information générée :** Estimations temporales en matière d'éclosion, pour toute aire pour laquelle on dispose de données météorologiques – empiriques ou estimées – provenant d'archives historiques. La combinaison de données météorologiques et de données relatives aux réactions de l'arbre et de l'insecte nous permet de cartographier toutes les étapes du cycle de vie : date d'éclosion printanière, date de nymphose, date d'envol des papillons. Des scénarios climatiques passés, présents et futurs constituent la base du modèle.

**Exigences en matière de données :** Estimations de corrélation entre la température et tous les aspects du développement de l'insecte, non seulement en matière d'alimentation, mais également d'hibernation. On sait encore peu de choses de l'incidence des conditions hivernales sur la survie de la tordeuse des bourgeons et sur le taux d'éclosion printanière.

**Incertitude :** La plupart des estimations se fondant sur des expériences en laboratoire, la marge d'erreur de mesure est moindre que si l'on avait cherché à utiliser pour ce modèle des estimations empiriques de terrain. On utilise toutefois des données

de terrain pour échantillonner le modèle, au moyen de méthodes d'échantillonnage indépendantes et de procédures expérimentales.

**Contraintes :** Impossibilité de mesurer le développement de l'arbre dans des conditions contrôlées comme il est possible de le faire pour les insectes. Par ailleurs, au regard de sa réaction aux températures, l'arbre est sujet à une variabilité interindividuelle d'origine génétique plus importante que la tordeuse des bourgeons.

**Atouts :** Nous disposerons d'un outil permettant d'envisager les corrélations météorologiques augmentant la probabilité d'une infestation de tordeuse des bourgeons de l'épinette. Nous cherchons également à savoir si, dans un avenir proche, selon différents scénarios de changements climatiques, nous pouvons nous attendre à une augmentation des infestations de tordeuse des bourgeons de l'épinette.

**Améliorations possibles :** Le modèle ne nous permettra pas de comprendre parfaitement le potentiel d'envahissement de la tordeuse des bourgeons, car le paramètre météorologique n'est que l'un des inconnus de l'équation. L'autre limite du modèle a trait au fait qu'il ne permet pas de cartographier les microclimats avec précision. Lorsque les détails sont trop nombreux, on s'enfonce sur des moyennes.

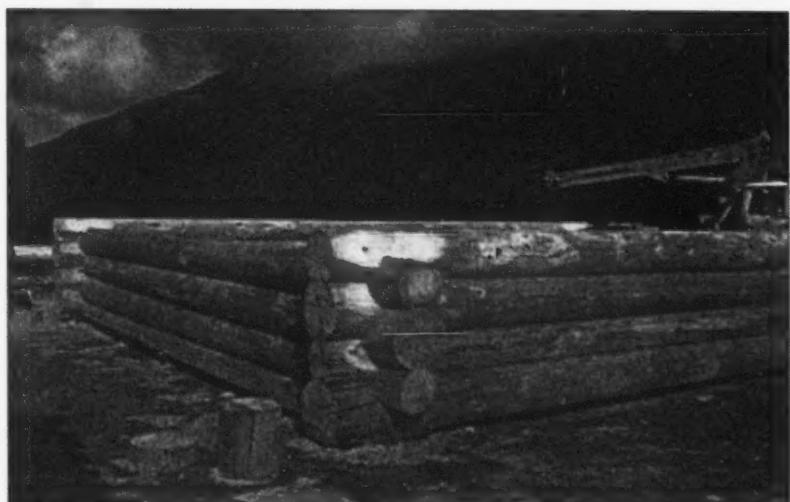


# Un aperçu du secteur de la transformation du bois

Les résultats d'une étude publiée récemment par Ressources naturelles Canada soulignent que la main-d'œuvre et l'approvisionnement en bois sont les plus importantes contraintes auxquelles l'industrie de la transformation secondaire des produits du bois de la Colombie-Britannique est confrontée. « Secondary manufacturing of solid wood products in British Columbia: 2006 structure, economic contribution and changes since 1990 » (disponible en anglais seulement) est un rapport qui fait état des cinq études les plus récentes, réalisées depuis 1990, et qui fournit l'aperçu le plus récent et le plus complet de ce secteur dans la province.

L'étude présente les transformations subies par le secteur depuis le début de la décennie. « Auparavant, les marchés étaient toujours la contrainte principale et l'approvisionnement en bois suivait juste après, » dit Brad Stennes ([bstennes@nrcan-rncan.gc.ca](mailto:bstennes@nrcan-rncan.gc.ca)), chercheur et économiste du Service canadien des forêts, qui a rédigé le rapport avec Bill Wilson ([bwilson@nrcan-rncan.gc.ca](mailto:bwilson@nrcan-rncan.gc.ca)), directeur de la Division de l'industrie, du commerce et de l'économie du Centre de foresterie du Pacifique du Service canadien des forêts. « Maintenant, l'approvisionnement en bois occupe toujours la deuxième place, mais la main-d'œuvre qui était l'aspect le moins préoccupant en 1999 est devenue la principale contrainte. Comme partout ailleurs, ce secteur éprouve des difficultés à recruter des travailleurs. »

MM. Stennes et Wilson considèrent le marché du travail de l'Alberta et le vieillissement de la population de la Colombie-Britannique comme deux causes probables de la pénurie de main-d'œuvre.



La fabrication de maisons en bois rond est l'un des secteurs à avoir connu une période de croissance profitable aux collectivités rurales de la Colombie-Britannique entre 2000 et 2006. Photo : © Vera Bogaerts, iStock, 2006.

« Les travailleurs expérimentés partent à la retraite et il y a peu de personnes possédant la formation et les compétences nécessaires pour les remplacer, » dit M. Stennes.

L'étude sur la transformation secondaire des produits du bois a recueilli de l'information sur le fonctionnement, l'emploi, la production la commercialisation et les finances de neuf types d'entreprises de ce secteur. (suite à la page suivante)

## Indices climatiques : modèle à la tordeuse des bourgeons de l'épinette

**Responsable :** Alan Thomson, chercheur, gestion du savoir et gestion adaptative ([athomson@nrcan-rncan.gc.ca](mailto:athomson@nrcan-rncan.gc.ca))

**Objectifs du modèle :** Le modèle examine l'interaction entre les indices et schémas climatiques liés à l'éclosion de la tordeuse des bourgeons de l'épinette et la synchronisation de laousse des bourgeons de l'hôte. Le modèle intègre les températures journalières minimales et maximales sur une année, puis cherche à déterminer dans quelle mesure l'élévation affecte les différentes étapes de développement de la tordeuse des bourgeons et de l'arbre-hôte. Une fois le modèle exécuté, l'analyse des données permet de mettre en équation les prédictions du modèle avec des indices et schémas climatiques.

**Questions auxquelles le modèle est censé apporter des réponses:** Selon l'altitude de la zone étudiée, quand les différents stades du cycle de développement de la tordeuse des bourgeons se produiront-ils? Quand l'arbre atteindra-t-il les différents stades de son

développement? À ces altitudes, existe-t-il un lien entre les stades de développement de la tordeuse des bourgeons et de l'arbre? Dans quelle mesure les indices climatiques influencent-ils sur ces valeurs?

**Démarche :** La démarche est axée sur les processus en ce sens que le modèle traite des différents stades de développement de l'insecte et de l'arbre; elle est empirique, car les corrélations étudiées s'appuient sur des analyses de données.

**Information générée :** Le modèle génère les dates prévues pour une année donnée et un événement biologique donné (événements biologiques à la fois pour l'insecte et pour l'arbre).

**Exigences en matière de données :** Information biologique sur l'insecte et sur l'arbre, données météorologiques, indices climatiques mondiaux.

**Incertitude :** Les données relatives au développement de la tordeuse des bourgeons de l'épinette sont corroborées par un certain nombre d'études; si les données relatives au Douglas taxifolié

proviennent d'une source unique, les paramètres que nous avons définis permettent d'estimer laousse des bourgeons à plus ou moins un jour sur une période de 10 ans. La plus grande incertitude a trait à la qualité des extrapolations de ces paramètres d'une aire géographique à une autre.

**Contraintes :** Les données biologiques sur laousse des bourgeons des essences de l'Est sont incomplètes.

**Atouts :** Modèle efficace pour la datation des événements.

**Améliorations possibles :** Le modèle ne peut expliquer la signification de ces datations en regard de l'augmentation d'une population, de sa diminution ou du basculement dans une phase d'infestation. Nous ne connaissons pas l'incidence d'un degré x de synchronisation sur la survie d'une larve, ni les conséquences de la datation d'un événement sur l'évolution démographique d'une population.



L'information obtenue est analysée de manière à dépeindre des tableaux quantitatif et qualitatif de la structure actuelle, ainsi qu'à pourvoir la signification de la transformation secondaire en Colombie-Britannique et des tendances dans ce secteur, notamment par le truchement de comparaisons avec les résultats d'études précédentes effectuées à intervalles irréguliers depuis 1990.

Dans l'ensemble, la taille du secteur est aujourd'hui proche de ce qu'elle était en 1999, date à laquelle la dernière étude a été menée; toutefois, la contribution économique relative ne se concentre plus sur la transformation secondaire du bois, mais plutôt sur la fabrication du bois d'ingénierie et d'armoires murales, ainsi que sur la fabrication de maisons en bois rond et de charpentes en bois. L'augmentation de l'activité a été observée dans les types d'entreprises contribuant le plus directement à l'essor dans le secteur de la construction en Colombie-Britannique, lequel montre maintenant des signes de ralentissement.

M. Wilson souligne que les études fournissent des renseignements de référence au sujet de l'industrie et qu'elles permettent aux gouvernements et à l'industrie de déterminer les changements et les problèmes affectant le secteur. « Les gouvernements utilisent ces données pour envisager des politiques visant à favoriser ou à maintenir la santé du secteur, » explique-t-il. « Les groupes industriels spécialisés peuvent s'en servir pour aborder les aspects du développement d'entreprise dans ce secteur. »

Le BC Wood Specialties Group (BC Wood), par exemple, utilise ces données pour mettre au point son partenariat d'affaires pour l'innovation, un programme destiné à fournir à ses membres des compétences et des outils en matière de commercialisation et de planification financière, et des ressources humaines afin d'améliorer leurs activités.

« Les changements observés dans ce secteur sont si importants et si rapides que nous avons besoin d'aperçus réguliers de la situation, » dit Randi Walker, directeur de la commercialisation et des communications chez BC Wood. « Nous avons appuyé cette étude dans le but d'obtenir un aperçu de ce qui se passe dans ce secteur et d'être en mesure de définir les enjeux et de mettre en place des

programmes éventuellement bénéfiques. Je pense qu'il est nécessaire d'effectuer ce type d'enquête environ tous les trois ans. »

BC Wood, avec l'appui de Forest Innovation Investment Ltd., a financé en partie cette étude et a permis aux membres d'avoir accès aux résultats. Parmi les autres groupes qui ont pris part à cette étude figurent l'Independent Lumber Remanufacturers Association, la BC Log and Timber Building Industry Association, la Vancouver Island Association of Wood Processors et l'Association canadienne du contreplaqué.

## Principales conclusions

L'importance relative de la deuxième transformation du bois a diminué au profit des armoires murales, du bois d'ingénierie et de la fabrication de maisons en bois rond et de charpentes en bois.

L'étude a mis en évidence une diminution de l'importance relative du marché américain, au profit d'une augmentation des ventes sur le marché intérieur en Colombie-Britannique. Les États-Unis restent toutefois un client important, qui représente 43 % des ventes de ce secteur.

Comparativement à 1999, les entreprises font preuve de moins d'optimisme dans leurs plans d'expansion, ce qui se traduit par une diminution importante à la fois du nombre d'entreprises qui prévoient prendre de l'expansion et l'envergure moyenne d'expansion prévue.

La main-d'œuvre et l'approvisionnement en bois constituent les principaux obstacles à l'expansion.

Au regard de la récolte, la transformation secondaire est plus importante sur la côte qu'à l'intérieur. Certaines entreprises côtières utilisent des essences intérieures.

L'essentiel de la transformation secondaire a lieu dans les zones urbaines plutôt que dans les zones rurales éloignées. Les principales exceptions à cet énoncé sont les entreprises de fabrication de maisons en bois rond et les entreprises fabriquant des produits de base, comme les joints d'aboutage et les granules de bois à partir des résidus de sciage bon marché.

La majorité des entreprises sont situées dans la région d'Okanagan ou des basses-terres continentales (Lower Mainland).

Comparativement à l'enquête précédente, le nombre global d'emplois et les ventes demeurent stables, respectivement à 19 670 et 4,9 milliards de dollars, et cela, bien qu'il y ait moins d'entreprises impliquées. Si l'on ajuste les ventes réalisées en 1999 pour tenir compte de l'inflation, il apparaît que les ventes ont chuté de 12 % depuis 1999.

L'utilisation du bois n'a presque pas changé depuis les estimations de 1999. Elle reste tout juste sous la barre des 18 millions de m<sup>3</sup> si l'on exclut de cette estimation l'utilisation de bois par les entreprises de fabrication de panneaux.

**Source**  
*« Secondary manufacturing of solid wood products in British Columbia, 2006: structure, economic contribution, and changes since 1990 »* est disponible auprès de la librairie en ligne du Service canadien des forêts.



# Personnel

## Arrivants

Nouvelle technicienne au Centre de foresterie du Pacifique, Shelley Weber a entrepris une analyse globale de l'environnement portant sur l'adaptation aux changements climatiques, sous la direction de Kelvin Hirsch (Centre de foresterie du Nord). Ses recherches s'orientent principalement sur la vulnérabilité des essences d'arbres et sur leur adaptation aux changements climatiques. Le projet est mené sous les auspices du Conseil canadien des ministres des forêts.

## Départs

Chercheur en biologie forestière, Abul Ekramoddoullah prend sa retraite cette année. Au cours de ses 20 années au service du Service canadien des forêts, Abul Ekramoddoullah a axé ses recherches sur l'interaction moléculaire hôte-pathogène dans le cas de la maladie de la rouille vésiculeuse du pin blanc. Il fut le premier à découvrir et à faire état d'une protéine de pathogénèse des résineux (PR10) associée à la résistance au champignon chez le pin blanc; il fut également le premier à produire des anticorps monoclonaux pour le mycélium du champignon et à les utiliser comme sondes afin de différencier les semis résistants des semis vulnérables de pin blanc.

## Félicitations

À l'occasion d'une cérémonie qui s'est déroulée au printemps dernier à Ottawa, le chercheur Werner Kurz a été salué pour ses contributions aux rapports d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, ainsi que pour l'attribution du prix Nobel de la paix au GIEC. Il s'est ensuite joint à ses collègues de différents ministères, notamment de Pêches et Océans Canada et d'Environnement Canada, pour une réception organisée sur la Colline du Parlement par John Baird, le ministre de l'Environnement. Durant l'été, la direction du secteur de l'île de Vancouver de l'Institut forestier du Canada a remis à Werner Kurz le prix de l'arbre de la vie, pour saluer ses travaux sur le rôle des forêts canadiennes dans le cycle du carbone. Ce prix lui a été remis à l'occasion d'une cérémonie publique organisée à l'Université de Victoria.

Les bourses pour étudiants diplômés du Centre de foresterie du Pacifique ont été attribuées à huit étudiants en sciences forestières de plusieurs universités de Colombie-Britannique.

Diplômé de l'Université de la Colombie-Britannique, Colin Ferster a rejoint l'équipe de recherche de Tony Trofymow afin d'étudier les possibilités d'utilisation d'attributs d'inventaires pour caractériser les stocks de carbone des empreintes mesurées par des tours à flux (Eddy corrélation); Samuel Coggins poursuit ses recherches dans l'équipe de recherche de Mike Wulder, attachée à l'intégration d'images multi-échelles de télédétection dans des bases de données provenant d'études de terrain aux fins d'inventaire forestier. Robbie Humber étudie les prévisions de modification des cycles du carbone forestier pour le XXI<sup>e</sup> siècle au regard de différents scénarios climatiques et de perturbation, sous la direction de Werner Kurz.

Diplômé de l'Université de Victoria, Brant Abbot étudie avec l'économiste Brad Stennes la compétitivité du Canada et les changements intervenus au niveau du secteur forestier mondial; Nicole Dafoe étudie la caractérisation des protéines de défense des peupliers hybrides aux côtés du chercheur Abul Ekramoddoullah; Jed Long examine les conséquences sur la configuration spatiale des infestations de dendroctone du pin ponderosa et de la lutte contre ce scolyte, sous la direction du chercheur Mike Wulder.

Diplômé de l'Université du Nord de la Colombie-Britannique, Matthew Klingenberg a rejoint l'équipe de recherche de Brian Aukema pour mener des recherches sur la façon dont la configuration spatiale de la récupération du bois dans les zones touchées par le dendroctone du pin ponderosa influe sur la pression du charançon de Warren dans les peuplements en régénération. Honey-Marie Giroday étudie l'expansion de l'infestation de dendroctone du pin ponderosa dans le nord-est de la Colombie-Britannique sous la double direction de Brian Aukema et du chercheur Allan Carroll.



Abul Ekramoddoullah



Werner Kurz

# Événements

## Les forêts canadiennes : gérer pour le changement

100e Assemblée générale annuelle et Conférence nationale sur la foresterie de l'Institut de foresterie du Canada  
7 au 10 septembre 2008  
Fredericton (Nouveau-Brunswick)  
[http://cif-ifc.org/fr/CIF\\_AGM2008](http://cif-ifc.org/fr/CIF_AGM2008)

## A Changing Climate: Economic, Political, Environmental & Labour

Assemblée générale annuelle 2008 de la Forest Nursery Association of BC  
Surrey (Colombie-Britannique)  
8 au 11 septembre 2008  
[www.fnabc.com](http://www.fnabc.com)

## Bioenergy: Developing Trends and New Opportunities for a Changing Forest Industry

16 au 17 septembre 2008  
Halifax (Nouvelle-Écosse)  
[canbio@xplornet.com](mailto:canbio@xplornet.com)

## 58e Réunion annuelle de la Société d'entomologie du Canada

Réunion conjointe avec la Société d'entomologie de l'Ontario  
18 au 22 octobre 2008  
Ottawa (Ontario)  
[www.esc-sec.org](http://www.esc-sec.org)

## Forum 2008 sur la répression des ravageurs forestiers

2 au 4 décembre 2008  
Gatineau (Québec)

Renseignements : stan.phippen@nrcan.gc.ca

## Semaine nationale de l'arbre et des forêts

21 au 28 septembre  
<http://scf.nrcan.gc.ca/evenements/73>

## Healthy Trees; Healthy People

8e Conférence sur les forêts urbaines canadiennes  
23 au 26 septembre 2008  
Comté de Strathcona (Alberta)  
[www.cufc8.ca](http://www.cufc8.ca)

## Semaine nationale des sciences et de la technologie

13 au 22 octobre 2008  
<http://www.science.gc.ca/default.asp?lang=Fr&n=263D1B5F-1>



# Nouveautés à la librairie

## Rapports d'information

Secondary manufacturing of solid wood products in British Columbia, 2006: structure, economic contribution, and changes since 1990. 2008. Stennes, B.; Wilson, W.R. Rapport d'information BC-X-416.

Storing beetle-killed logs under snow to reduce losses after mountain pine beetle attack. 2008. Whitehead, R.J.; Wagner, W.L.; Nader, J.A. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Canadian Wood Fibre Centre, Victoria, BC. Rapport d'information FLX-003.

## Documents de travail

Exploring opportunities for mitigating the ecological impacts of current and future mountain pine beetle outbreaks through improved planning: A focus on northeastern British Columbia. 2008. Seely, B.; Nelson, John; Vernier, Pierre; Wells, R.; Moy, A. Document de travail sur le dendroctone du pin ponderosa 2008-08.

Kraft pulp and paper mill utilization options for grey-stage wood. 2008. Radiotis, R.; Berry, R.; Hartley, I.; Todoruk, T. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Pacific Forestry Centre, Victoria B.C. Document de travail sur le dendroctone du pin ponderosa 2008-09.

## Autre publications

6th Pacific Rim Conference on the Biotechnology of *Bacillus Thuringiensis* and its Environmental Impact. 2007. Côté, J.-C.; Otvos, I.S.; Schwartz, J.L.; Vincent, C., rédacteurs. Érudit, Montréal, Québec.

Publications Digest. (L'Abrége des publications). 2008. Bérubé, F., compilateur. Vol. 17, 2007.

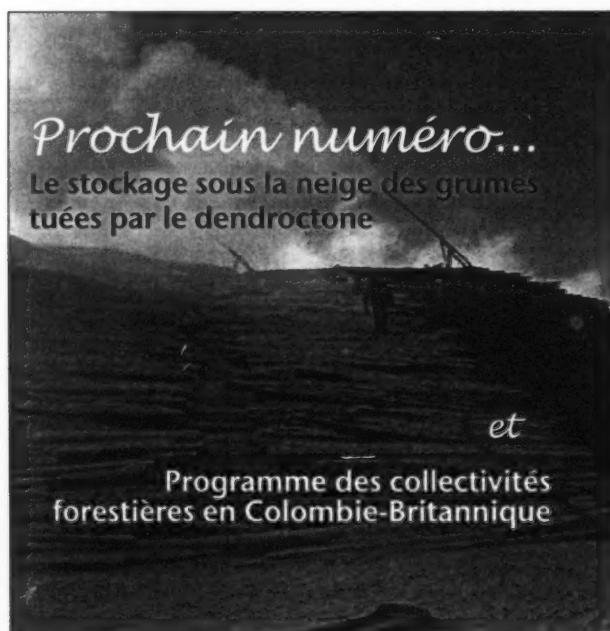
First Nations Forestry Program. Annual Report 2005-2006. 2008.

Programme forestier des Premières nations. Rapport annuel 2005-2006. 2008. Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Administration centrale, Direction des sciences et des programmes, Ottawa.

Le dendroctone du pin : penser stratégie. 2007. Régnière, J. Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Laurentides, Québec, Québec. L'Éclaircie Numéro 38.

Thinking strategically to outsmart the mountain pine beetle. 2007. Régnière, J. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Laurentian Forestry Centre, Quebec, Quebec. Branching out Number 38.

Canada's Natural Resources: Biodiversity in a Changing World, National Forest Week 2008 (Affiche).



Consultez la librairie virtuelle pour commander ou télécharger les publications du Service canadien des forêts à l'adresse suivante:

**librairie.scf.rncan.gc.ca**

Le catalogue contient des milliers de publications et d'articles de recherche publiés par le Service canadien des forêts de Ressources naturelles Canada

**Info-Forêts : Recherche en science et technologie au Centre de foresterie du Pacifique du Service canadien des forêts** est publié trois fois par année par le groupe de recherche en biologie forestière du **Centre de foresterie du Pacifique, Service canadien des forêts de Ressources naturelles Canada**, 506 rue Burnside Ouest, Victoria, Colombie-Britannique V8Z 1M5; [scf.rncan.gc.ca/regions/cfp](http://scf.rncan.gc.ca/regions/cfp); téléphone : 250.363.0600. Pour commander des exemplaires supplémentaires ou l'une des publications de Service canadien des forêts citées aux présentes, visitez la librairie virtuelle du Service canadien des forêts à l'adresse [librairie.scf.rncan.gc.ca](http://librairie.scf.rncan.gc.ca), ou communiquez avec Nina Perreault, commis aux publications de Centre foresterie du Pacifique (téléphone: 250.363.0771; courriel: [PFCPublications@rncan.gc.ca](mailto:PFCPublications@rncan.gc.ca)). Veuillez soumettre vos questions, commentaires, suggestions et demandes d'autorisation de reproduire les articles publiés dans les présentes à la rédactrice en chef, Monique Keiran (téléphone: 250.363.0779; courriel: [PFCPublications@rncan.gc.ca](mailto:PFCPublications@rncan.gc.ca)).

Information Forestry is also available in English. Download a copy from the Canadian Forest Service online bookstore: [bookstore.cfs.rncan.gc.ca](http://bookstore.cfs.rncan.gc.ca)